Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. med. Wilhelm Schneider

Zur Penetration von Lichtschutzmitteln in die Haut

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
WOLFRAM SCHICK
aus Bad Boll/Württ.

1974

Aus der Hautklinik der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. med. Wilhelm Schneider

Zur Penetration von Lichtschutzmitteln in die Haut

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Wolfram Schick
aus Bad Boll/Württ.

1974

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan : Professor Dr.E.Körber
1. Berichterstatter: Professor Dr.H.Tronnier
2. Berichterstatter: Professor Dr.W.Schneider

Meinen Eltern und meiner Frau
in Dankbarkeit gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546528_0028

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung 4
B. Biologische Wirkung der Lichtstrahlen . . . 5
I. Physiologische und biologische Grundlagen. 5
II. Die Haut und ihre Reaktion auf UV-Strahlen 6
III. Das UV-Erythem. 8
IV. Künstliche UV-Strahlenquellen 10
V. Messung der UV-Entzündung 11
VI. Lichtschutz
a. Natürlicher Lichtschutz. 12
b. Künstlicher Lichtschutz. 12
C. Eigene Untersuchungen
I. Methodik 14
1) Bestrahlungslampe. 14
2) Versuchsgut und Lokalisation der Bestrahlung. 15
3) Testpräparate. 15
II. Vorversuch A
Okklusivverband und Einwirkzeit der Testpräparate 16
III. Vorversuch B 19
IV. Hauptversuch
Teil 1. 22
Teil 2. 25
V. Ergebnisse 28
VI. Zusammenfassung 29
D. Literaturverzeichnis 30
Lebenslauf. 36

A. Einleitung

In dieser Arbeit soll das Verhalten von Lichtschutzmitteln, die oberflächlich auf die Haut aufgetragen werden, biologisch geprüft werden. Neben der Lichtschutzwirkung sollte vor allem versucht werden, eine Penetration der Lichtfilter in die Haut, in Abhängigkeit von der Grundlage, nachzuweisen. Dabei wurde auch der Einfluß der Einwirkzeit auf die Lichtschutzwirkung geprüft.

Die Lichtschutzmittel wurden dazu auf die Rückenhaut der Testpersonen, teils unter Okklusivverband, aufgetragen und dann, nach entsprechender Behandlung mit einer künstlichen UV-Strahlenquelle bestrahlt. Die Auswertung erfolgt 24 Stunden nach Setzen der Erytheme in der Bestimmung und dem Vergleich der Erythemgrade.

B. Biologische Wirkung der Lichtstrahlen

I. Physikalische und biologische Grundlagen

Das ultraviolette Licht, ein kleiner Bereich des elektromagnetischen Spektrums, wird, bezüglich strahlenbiologischer Gesichtspunkte, auf Vorschläge von Coblentz (1934) in Bereiche folgender Wellenlängen eingeteilt:

langwellig	Ultraviolett A (UV A)	315-400 nm
mittelwellig	Ultraviolett B (UV B)	280-315 nm
kurzwellig	Ultraviolett C (UV C)	200-280 nm

Wie jede elektromagnetische Strahlung unterliegt das UV Licht den Gesetzen der Optik (Reflexion, Spiegelung, Ablenkung u.s.w.) und den Erfahrungstatsachen über biologische Wirkungen des Lichtes, wie Absorption und sekundäre Vorgänge. In Form von Lichtquanten übermittelt es Energie, wobei der Planck'sche Satz gilt, wonach die Energie der einzelnen Lichtquanten mit kleiner werdender Wellenlänge zunimmt, d.h. je kürzer die Wellenlänge ist, desto energiereicher ist die Strahlung.

Für eine biologische Lichtwirkung muss eine Absorption der Strahlung (Energie) gefordert werden, denn nach dem Gesetz von Grotthus kann nur der absorbierte Teil der Strahlung biologisch wirksam werden.

Durch die Absorption der energiereichen Lichtstrahlen werden in der Haut Sekundärreaktionen ausgelöst, die zwar beobachtbar, messbar und chemisch nachweisbar sind, jedoch in ihrer Ursache noch verschiedenen Hypothesen unterliegen.

Zwischen aktiver und passiver Absorption muss unterschieden werden.

Unter aktiver Absorption versteht man die Auslösung einer Reaktion durch eine bestimmte Anzahl an absorbierten Photonen (wellenlängenunabhängig) oder durch eine

unterschiedliche Anzahl an absorbierten Lichtquanten (wellenlängenabhängig. (SCHREIBER 1947)

Bei der passiven Absorption dagegen kann eine Änderung der spektralen Wirksamkeitskurve durch die bestrahlte Materie auftreten.

II. Die Haut und Ihre Reaktion auf UV Strahlen

Die optische Durchlässigkeit der einzelnen Hautschichten hängt von deren jeweiligem physiologischem Zustand sowie von der Wellenlänge der Strahlung ab. Das Licht wird zum Teil reflektiert, gestreut und passiv absorbiert.

Die diffuse Reflexion der Hautoberfläche und der oberflächennahen Schichten stellt den Hauptanteil der Reflexion. Die spiegelnde Reflexion, die nur etwa 4 % ausmacht, spielt nur eine geringe Rolle. (BODE 1947) Wegen der schwer messbaren Streuung läßt sich der absorbierte Teil des Lichtes nicht eindeutig bestimmen. Jedoch kann unterstellt werden, daß der Anteil des absorbierten Lichtes um so größer ist, je kleiner der Anteil des reflektierten Lichtes ist. Reflexionsphotometrische Untersuchungen bezüglich der optischen Durchlässigkeit der einzelnen Hautschichten wurden von BACHEM (1931), ROTTIER (1957) und TRONNIER, H. und W. MERTEN (1956) durchgeführt.

Im kurz- und mittelwelligen UV-Bereich wird wenig Licht reflektiert, d. h. der größte Teil wird von der Haut absorbiert, und zwar schon im Stratum corneum. Längerwelliges Licht, mit $\lambda > 300$ nm, dringt etwa bis zur Basalzellschicht ein und wird dort, vorwiegend

durch den Pigmentanteil, abgeschwächt. Der Papillarkörper und tiefer gelegene Gefäße werden nur noch von langwelligem UV-Licht erreicht.

Der passiven Absorption ist die aktive einzugliedern. Hierbei bewirkt die in der Haut eingestrahlte Energie, in Abhängigkeit von der qualitativen Strahlenabsorption, einerseits eine Freisetzung gefäßaktiver Substanzen in der Hornschicht wie auch in der übrigen Epidermis, andererseits eine direkte Wirkung auf die Gefäße im Corium.

Schon im Stratum corneum (ROTTIER 1962, TRONNIER 1967a) werden Substanzen freigesetzt, die langsam in Richtung Kapillaren diffundieren und an diesen ihre gefäßaktive Wirkung zeigen. Nach einer Latenzzeit bis zu 3 Stunden reagiert die Haut auf UV-Bestrahlung in Abhängigkeit von Dosis, Dosisleistung, Wellenlänge und Empfindlichkeit des Individuums mit der Ausbildung einer Dermatitis (SCHNEIDER, W. und H. WAGNER 1959). Das klinische Bild zeigt für fünf Hauptsymptome einer Entzündung: Rubor, Calor, Dolor, Tumor und Funktio laesa (Celsus und Galen). Von SAIDMANN (1932) wird der Grad der Entzündung in 4 Stadien eingeteilt:

1. rosafarben, flüchtiges Erythem
2. hochrotes, einige Tage anhaltendes Erythem, eventuell mit Juckreiz
3. blaurotes, von rotem Hof umgebenes, über eine Woche anhaltendes, juckendes Erythem, auf Glasspateldruck hämorrhagische Tüpfelung sichtbar
4. Verbrennung mit Bläschen- und Blasenbildung.

MIESCHER (1929) beschreibt die klassische UV-Reaktion als eine proportional zur Dosisgröße von oben nach unten zunehmende Zellschädigung der Epidermis, bei stets horizontal verlaufender Schädigungsgrenze. Die zellschädigende Wirkung reicht von Vakuolisierung und Kernpyknose in den obersten Zellagen, bis zu nekrotischen

Veränderungen der gesamten Epidermis, bis hinunter ins Stratum papillare. Diese toxische Schädigung (TRONNIER 1969) wird hervorgerufen durch gewisse Zerfallsprodukte, entstanden durch photochemische Denaturierung und Zerstörung von Nukleinsäuren, Eiweiß und Aminosäuren (WISKEMANN 1963), so u. a. die biogenen Amine, wie Histamin und H-Substanzen (ELLINGER 1932), außerdem Serotonin (CLAESSON, ST., L. JUHLIN und G. WETTERMARK) und noch andere Substanzen.

Bei tiefer reichenden Strahlen kommt es zusätzlich, bei fehlender Latenzzeit, zu einer direkten Schädigung der Gefäßendothelien (MIESCHER 1957).

Die am besten meßbare und sichtbare Folgeerscheinung der UV-Bestrahlung der Haut stellt das UV-Erythem dar.

III. Das UV-Erythem

Das UV-Erythem erscheint im allgemeinen nach einer Latenzzeit von 1 - 3 Stunden nach der Bestrahlung, erreicht sein Intensitätsmaximum nach 6 - 9 Stunden und klingt dann innerhalb von Tagen bis Wochen wieder ab (TRONNIER, H. und W. SCHNEIDER 1966).

Bei stärkerer Dosis wird das Erythem zwar früher sichtbar, das Maximum aber später erreicht (BACHEM 1955), ein schwaches Erythem dagegen kann sein Maximum auch schon nach 4 Stunden erreichen (HEITE, H. J. u. G. WEBER 1957).

WUCHERPFENNING (1931) definiert den Anstieg des Erythemgrades, abhängig von der Dosis, vom Schwellenwert bis zum Sättigungsgrad, als Gradation. Die Gradationskurven für die verschiedenen UV-Bereiche sind recht unterschiedlich. An der mittleren Erythemwirksamkeitskurve läßt sich die Wirkung der UV-Strahlen in Abhängigkeit von der Wellenlänge ablesen.

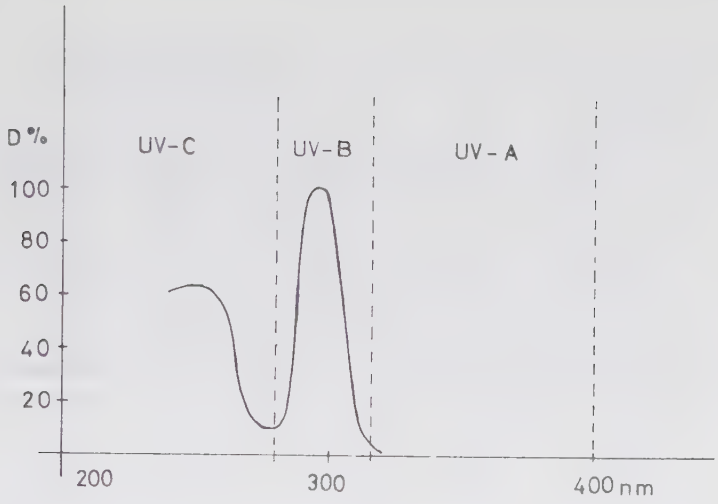


Abb. 1: Mittlere Erythemwirkungskurve nach dem Vorschlag der Internationalen Beleuchtungskommission

So erhält man für das kurzwellige Licht des UV-C Bereiches nur ein schwaches Erythem und eine flache Gradationskurve, die mit zunehmender Wellenlänge ansteigt (HAUSSER 1928). Im mittelwelligen UV-B, der sogenannten Dorno-Strahlung, nimmt die Erythemstärke mit wachsender Dosis rasch zu, wobei die maximale Erythemwirksamkeit bei einer Wellenlänge von 300 nm liegt. Im langwelligen UV-A Bereich benötigt man zur Auslösung von Erythemen etwa das 500-1000-fache der Dosen, die im UV-B Bereich zur Erythemauslösung notwendig sind.

Die Erythemwirksamkeitskurve, in Abhängigkeit von der Wellenlänge, läßt sich entweder durch die Messung der Erythemgrade bei gleichen Dosen (HAUSSER 1921), oder durch die Bestimmung der Dosis, die zur Auslösung der Erythemschwelle erforderlich ist, darstellen.

Allerdings unterliegt die Erythembereitschaft der Haut sehr starken individuellen Schwankungen (ELLINGER 1932). Daneben hängt sie noch von verschiedenen anderen Faktoren ab, wie z. B. von der Hautregion (SCHALL 1928, MIESCHER 1929, ELLINGER 1932), von der Hornschichtdicke (TRONNIER 1956), aber auch von Alter (WUCHERPFENNIG, V., F.J. EHRING und H.J. HEITE 1953), von Geschlecht, Mineralhaushalt und Endokrinologie (DIETRICH 1927, ELLINGER 1932, PAPCKE 1933), vom Hauttyp (BRETT 1952), von Tages- und Jahreszeit (ELLINGER 1932, TRONNIER, H. und H. KÜHL 1956), von der Vorbestrahlung (WUCHERPFENNIG , V., F.J. EHRING und H.J. HEITE) und andere mehr.

IV. Künstliche UV-Strahlenquellen

Zur Testung von Lichtschutzmitteln sowie zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken stehen heute eine Reihe von Gasentladungsstrahlern zur Verfügung, die ein mehr oder weniger sonnenähnliches UV-Spektrum aussenden. In diesen wird die Emission von UV-Strahlen elektrisch angeregter Gase oder Dämpfe ausgenutzt.

Aus dem Angebot an Quecksilberdampflampen wurde der Hg-Hochdruckbrenner Q 400 der Quarzlampen Gesellschaft Hanau für die Bestrahlungen ausgewählt. Diese Lampe besitzt eine genügend große Halbwertsbreite bzw. -fläche, die Bestrahlungszeiten zur Erzeugung von Erythemen liegen bei etwa 1 - 2 min., wenn ein Abstand zur Lampe von einem Meter gewählt wird.

Unter der Halbwertfläche versteht man die Fläche, innerhalb derer die Beleuchtungsstärken nicht mehr als im Verhältnis 1:2 schwanken, definitionsgemäß gilt sie als gleichmäßig ausgeleuchtet.

V. Messung der UV-Entzündung

Um die Strahlenreaktion der Haut messen und vergleichen zu können, mußten geeignete Verfahren entwickelt werden.

a) die Hauttemperaturänderung, als Teilreaktion der Haut auf UV-Bestrahlung, erwies sich als wenig verläßlich, da der Temperaturanstieg entweder zu gering war (LANGEN 1938, LUBOLDT 1950) oder aber infolge eines erhöhten Wärmeverlustes der erweiterten Gefäße die Hauttemperatur abfiel (LIPCROSS 1951).

b) Als einzig brauchbares und sinnvoll standardisiertes Kriterium hat sich die Messung der Hautfarbenänderung erwiesen (TRONNIER 1969). Dieses Messverfahren geht auf Beobachtungen BODE's (1932, 1934) zurück. Er erkannte, daß die Reflexionsmaxima von rotem (630 nm) und grünem (500 nm) Licht von Individuum zu Individuum nahezu konstant bleiben. Der Farbeindruck der Haut wird je nach dem Verhältnis der Reflexionswerte von rot und grün zusammen vermittelt.

Geräte zur Hautfarbenmessung, die von verschiedenen Autoren beschrieben und z.T. verbessert wurden (BRETT, R. und H. THEISMANN 1954, HEITE, H.J. und G. WEBER 1957, TRONNIER 1963), bestehen im Prinzip aus einer Glühlampe, einem vorschaltbaren Farbfilter, einem Strahlungsempfänger zur Messung des reflektierten Lichtes und einem Grau- oder Weißstandard mit bekannter Reflexion.

Hier wurde das Hautfarbenmessgerät nach Dr. B. Lange verwendet, angeschlossen über einen Vorwiderstand an ein Multiflex Spiegelgalvanometer, das mittels Weißstandard so geeicht wurde, daß die Ablesung der Reflexionswerte direkt in Prozent der Remission erfolgen konnte.

Mit zunehmendem Erythemgrad sinken die Remissionswerte, d. h. sie liegen um so tiefer, je stärker die Haut gerötet ist.

VI. Lichtschutz

a. Natürlicher Lichtschutz

Für den natürlichen Lichtschutz sind hauptsächlich zwei Faktoren maßgeben. MIESCHER (1930) drückte dies so aus: "Das Pigmentlager ist der Sonnenschirm für die Cutis, wie das Hornlager den Sonnenschirm für die Epidermis darstellt."

Die Lichtempfindlichkeit und damit die Erythembereitschaft sind direkt von der Hornschichtdicke abhängig (TRONNIER, H. und W. MERTEN 1956). Mit zunehmender Hornschichtdicke und damit steigender passiver Strahlenabsorption nimmt die Lichtempfindlichkeit ab. Erythemerzeugendes UV-Licht regt eine vermehrte Zellproliferation an, folglich eine Verdickung der Hornschicht und damit eine Herabsetzung der Lichtempfindlichkeit. (GUILLAUME, A.C. 1926, MIESCHER, G. 1957)

Eine geringe Lichtschutzwirkung soll Hauttalg und Schweiß zukommen (MIESCHER 1931, CREW, W.H., und C.H. WHITTLE 1938). Dies bestätigte LUGER (1951), indem er Haut vor der UV-Bestrahlung mit Benzin entfettete und im Vergleich zur normalen Haut eine stärkere Strahlenreaktion fand.

b. Künstlicher Lichtschutz

Lichtschutzmittel haben die Aufgabe, den natürlichen Lichtschutz zu unterstützen oder die Lichtempfindlichkeit herabzusetzen. Nach erfolgter Bestrahlung kann man versuchen entzündungswiedrig zu wirken (KANOF 1956).

Moderne Lichtschutzmittel müssen, den Erfordernissen der Sonnenbadenden entsprechend, einerseits eine stärkere Lichtentzündung verhindern, andererseits eine direkte Hyperpigmentierung zulassen. Durch die Substanzen sollen also erythemerzeugende kurz- und mittelwellige UV-Strahlen absorbiert werden, direkt pigmentierende langwellige UV-Strahlen sollen ungehindert passieren können (HENSCHKE 1940).

Auf alle verschiedenen Licht absorbierenden Substanzen soll hier nicht eingegangen werden. Eine Zusammenstellung von Stoffen mit Lichtschutzwirkung findet sich bei KIMMIG und WISKEMANN (1959).

C. Eigene Untersuchungen

I. Methodik

1) Bestrahlungslampe

Zur Setzung der UV-Erytheme wurde die "künstliche Höhensonne" Q 400 der Quarzlampengesellschaft Hanau herangezogen. Diese Quecksilberdampf-Hochdrucklampe, bestehend aus Stativ, darin untergebrachter Drosselspule, schwenkbarem Lampenhaus mit Reflektor und Entladungsröhre aus Quarzglas, ermöglicht eine gleichmäßige Bestrahlung von großen Hautfeldern bei relativ geringen Bestrahlungszeiten. Die Halbwertsbreite beträgt 64 cm bei einem Abstand Haut-Lampe von 75 cm. Die Halbwertsfläche stellt diejenige bestrahlte Fläche dar, innerhalb derer die Bestrahlungsstärken nicht mehr als im Verhältnis 1 : 2 schwanken. Diese Fläche gilt dann als gleichmäßig bestrahlt.

Unter diesen Verhältnissen beträgt die Erythemschwellendosis für normale, nicht vorbestrahlte Haut etwa 50 sek.

Wie alle Quarzbrenner sendet auch diese Lampe (Einbrennzeit 5 min.) neben einem geringgradigen Kontinuum vorwiegend ein Linienspektrum aus.

Die relative Erythemwirksamkeit der Linien des Hg-Hochdruckspektrums und der daraus entwickelten mittleren Erythemwirkungskurve ist bezüglich ihres Maximums, gegenüber der Kurve für Sonnenstrahlung, zu kürzeren Wellenlängen hin verschoben. Außerdem schneidet das Spektrum für Sonnenstrahlung bei etwa 290 nm ab, da kurzwelligere UV-Strahlung durch die Atmosphäre nahezu vollständig absorbiert wird.

2) Versuchsgut und Lokalisation der Bestrahlung

Zur Verfügung standen Versuchspersonen im Alter von 15 - 50 Jahren, vorwiegend männlichen Geschlechts.

Die Testpräparate wurden auf dem Rücken in runde, mit einem Stempel gekennzeichnete Felder von 4 cm Durchmesser aufgetragen. Danach erfolgte, je nach Versuchsgang, entweder eine Okklusion durch Plastikfolie für bestimmte Zeit oder sofort die Bestrahlung mit der Quecksilberdampflampe. Die Forderung, nur Körperstellen zur Erythemsetzung auszuwählen, die mindestens 6 Monate lang keiner UV-Strahlung ausgesetzt waren (WUCHERPFENNIG, V., F. J. EHRING und H. J. HEITE 1953), konnte allerdings nicht bei allen Versuchspersonen erfüllt werden.

3) Testpräparate

Zeozon Creme, Art. Nr. 99, 47 G, Beiersdorf
Zeozon Milch, Art. Nr. 111, 75 ccm, Ultra-Kosmetik GmbH
Zeozon Öl, Art. Nr. 96, 75 ccm, P. Beiersdorf u. Co. AG
Zeozon Spray, Art. Nr. 83, 200 ccm, Ultra-Kosmetik GmbH

Piz Buin Creme, Firma Greiter Special Cosmetic
6992 Hirschegg/Austria
Piz Buin Milch, " "
Piz Buin Öl, Sonnenschutzfaktor 2, " "
Piz Buin Spray, " "

Angaben über die Zusammensetzung der Präparate waren auf den Verpackungen nicht angegeben, eine schriftlich erbetene Deklaration der Inhaltstoffe lehnten die Hersteller aller Präparate ab.

II. Vorversuch A

Okklusivverband und Einwirkzeit der Testpräparate

Zunächst sollte untersucht werden, wieviel Testmaterial an der Plastikfokie des Okklusivverbandes nach dem Abziehen haftet und wie stark sich dieser Verlust auf den Lichtschutz auswirkt.

Dazu wurden auf dem Rücken der Testpersonen zwei senkrechte, parallel nebeneinander liegende Reihen von Testfeldern aufgestempelt und das Testpräparat darin gleichmäßig aufgetragen. Eine Reihe wurde dann mit selbstklebender Plastikfolie abgedeckt. Zwei Felder dienten der Kontrolle, wobei das eine ganz unbehandelt blieb, das andere lediglich bestrahlt wurde. Die Bestrahlung erfolgte sofort nach Abziehen der Folie unter Abschirmung der angrenzenden Hautareale in folgender Weise:

Testpräparate: Zeozon Creme

Bestrahlung sofort

Bestrahlung nach 30 Min.

Bestrahlung nach 60 Min.

Bestrahlung nach 120 Min.

Kontrollfelder, bestrahlt, unbestrahlt

Abb. 2

Abstand Haut-Lampe : 1m

Bestahlungszeit: etwa 70 - 100 sec.

Die Ablesung bzw. Ausmessung der Erytheme erfolgte nach 24 Stunden mit Hilfe des oben beschriebenen Hautfarbenmessgerätes nach Dr. B. Lange.

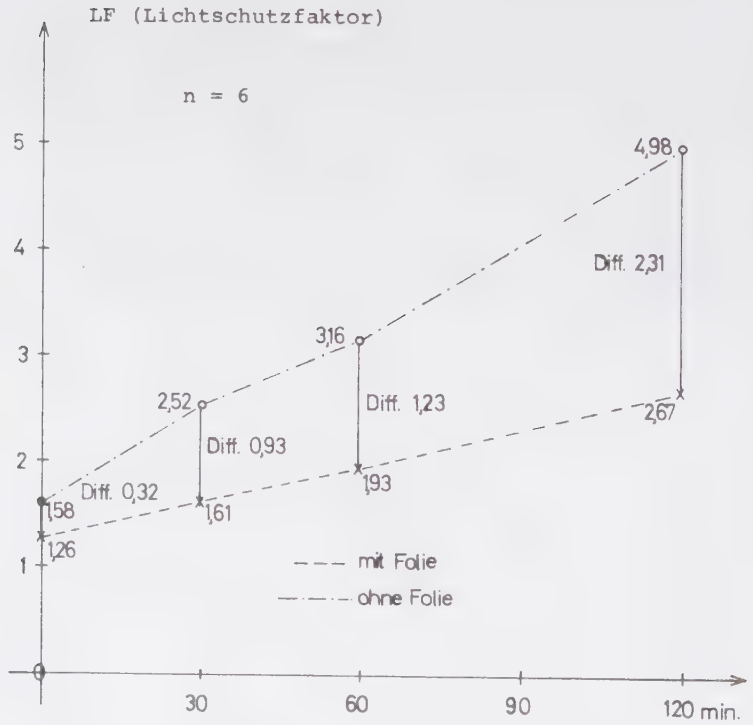
Nach Eichung der Remission auf einen Weißstandard ergaben sich für Zeozon folgende Reflektionswerte (Ablesung direkt in Prozent der Remission):

	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie
sofort	35	35,5	35,5	37,5	36,5	37,0
30 min.	36,0	35,0	36,0	38,0	37,5	38,0
60 min.	36,0	36,0	37,0	39,0	39,0	39,5
120 min	36,5	37,0	38,0	40,5	39,5	40,0
Kontrolle						
bestrahlt	35,0		34,0		35,0	
unbestrahlt	37,0		43,0		41,0	

	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie
sofort	40,0	42,0	42,0	43,0	34,5	35,0
30 min.	41,5	45,0	42,5	45,0	35,0	35,5
60 min.	42,0	45,0	42,5	45,5	35,5	36,0
120 min.	41,5	45,0	43,0	45,5	36,5	36,5
Kontrolle						
bestrahlt	38,0		41,0		32,5	
unbestrahlt	48,0		46,0		38,5	

Nun wurde, um die Ergebnisse von den einzelnen Probanden besser vergleichen zu können, die Differenz der Hautfarbe des bestrahlten und unbestrahlten Kontrollfeldes (ohne Schutz) gebildet und = 1,0 gesetzt. Durch Division des normalen Erythemwertes durch die entsprechenden Erythemwerte mit Lichtschutzmittel wurden die einzelnen Lichtschutzfaktoren errechnet.

Die Mittelwerte der Lichtschutzfaktoren für das Sonnenschutzmittel Zeozon Creme sind in folgendem Diagramm graphisch dargestellt.



Aus den Kurven ist eine Zunahme des Lichtschutzes innerhalb von 2 Stunden ersichtlich. Bei den Werten ohne Folienbedeckung ist dabei ein steilerer Anstieg zu erkennen. Die Differenzen der Lichtschutzfaktoren mit und ohne Folie werden ebenfalls mit steigender Einwirkzeit größer.

III. Vorversuch B

Der Vorversuch A ergab eine stetige Zunahme des Lichtschutzes für Zeozon Creme innerhalb von 2 Stunden. Der Vorversuch B ist im Prinzip aufgebaut wie der erste, es wurde lediglich die Versuchsdauer verlängert, um das Maximum der Lichtschutzkurve zu ermitteln. Die Bestrahlungen wurden nun sofort, nach 30 min., 90 min., 150 min., und 180 min. vorgenommen. Die Ablesung bzw. Messung der Erytheme erfolgte in der oben angegebenen Technik.

Ausmessung der Erytheme

Reflektionswerte für Zeozon Creme, Ablesung direkt in Prozent der Remission.

	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie
sofort	43,0	40,0	35,5	36,0	42,5	43,0
30 min.	42,5	42,5	36,5	36,5	42,0	42,0
90 min.	41,5	42,0	36,5	37,5	42,0	43,0
150 min.	42,0	42,5	37,0	38,0	42,5	45,0
180 min.	42,0	42,5	37,5	38,0	42,0	44,5
Kontrolle						
bestrahlt	40,0		35,5		41,0	
unbestrahlt	45,0		39,5		46,0	

Reflektionswerte für Zeozon öl

	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie	mit Folie	ohne Folie
sofort	41,0	42,0	35,0	36,0	39,0	42,0
30 min.	40,5	41,5	35,0	36,5	39,0	40,0
90 min.	41,0	42,0	35,5	37,0	39,0	41,5
150 min.	42,0	43,0	35,5	37,0	40,5	43,0
180 min.	42,5	43,0	36,5	37,0	42,0	42,5
Kontrolle						
bestrahlt	40,0		35,0		38,5	
unbestrahlt	45,0		39,0		44,0	

Das folgende Diagramm zeigt die Mittelwerte der Lichtschutzfaktoren für Zeozon Creme nach Verlängerung der Einwirkzeit.

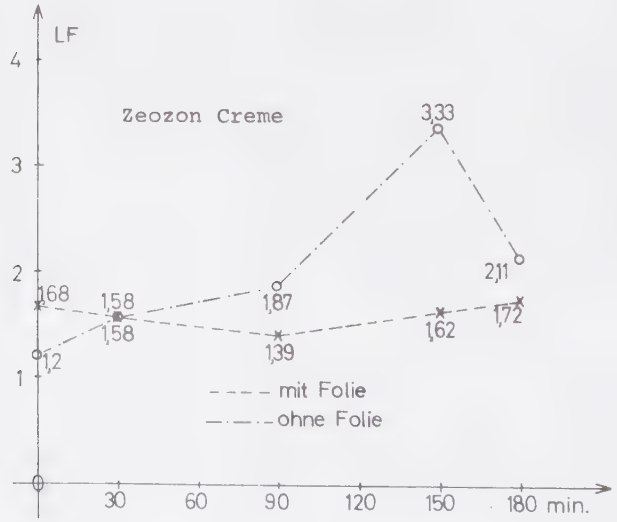
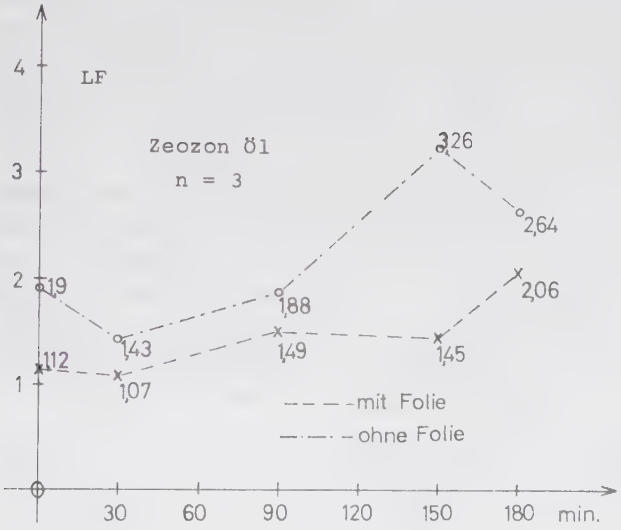


Diagramm der Mittelwerte der Lichtschutzfaktoren für Zeozon Öl.



Die Kurve von Zeozon Creme, ohne Folie abgedeckt, zeigt in Übereinstimmung mit dem Ergebnis des Vorversuchs A zunächst eine Zunahme des Lichtschutzes, einen Maximalwert bei 150 min. und einen tiefer liegenden Wert bei 180 min. Bis auf den anfänglichen Abfall der Lichtschutzwirkung trifft dieser Kurvenverlauf auch für Zeozon Öl zu.

Die Meßergebnisse dürfen allerdings bei der geringen Zahl von 3 Testpersonen und bei dem Meßverfahren, das unter anderem großen individuellen Schwankungen unterworfen ist, nicht als absolut gesehen werden. Dennoch kann daraus entnommen werden, daß die Lichtschutzwirkung zunächst zunimmt, ein Maximum bei etwa 2 - 3 Std. erreicht und dann wieder abnimmt.

IV. Hauptversuch

Die Versuchsanordnung war im Prinzip folgende:

Zunächst wurden wieder Testfelder auf den Rücken der Testpersonen, etwa in nebenstehender Anordnung aufgestempelt, dann die Präparate innerhalb der Felder aufgetragen.

Hauptversuch
Teil 1

Im ersten Versuchsteil wurde nun eine senkrechte Reihe der Testfelder gründlich mit 70%-igem Alkohol abgewaschen, daran anschließend wurden alle Testfelder und die Kontrollfelder gleichmäßig mit der Quarzlampe Q 400 der Quarzlampengesellschaft Hanau bestrahlt. Die Bestrahlungszeiten wurden wieder so gewählt, daß sich etwa mittelstarke Erytheme ausbildeten. Die Ablesung bzw. Ausmessung der einzelnen Erytheme erfolgte nach 24 Stunden.

Nachfolgende Tabelle zeigt die einzelnen Lichtschutzfaktoren sowie deren Durchschnittswerte für die einzelnen Sonnenschutzmittel von Zeozon in den Zubereitungsarten Creme, Milch, Öl und Spray.

Testpers.	Creme	Milch	Öl	Spray	Zeozon
1.	1,73	1,44	1,30	1,04	
2.	3,30	1,76	1,67	1,83	
3.	1,29	1,50	1,09	1,30	
4.	5,40	1,96	1,72	2,45	
5.	2,15	2,86	1,53	2,15	
6.	1,70	4,30	1,36	1,70	
7.	3,70	2,46	1,47	1,85	
Durchschnitt	2,75	2,33	1,45	1,76	

Werte der Lichtschutzfaktoren nach Abwaschen der Testfelder mit wässriger Alkohollösung und anschließender Bestrahlung.

Testpers.	Creme	Milch	Öl	Spray	Zeozon
1.	1,00	0,83	1,00	1,00	
2.	0,83	0,83	0,83	0,78	
3.	0,82	0,92	0,78	0,77	
4.	0,72	0,77	0,91	1,04	
5.	0,73	1,00	0,89	1,00	
6.	0,87	0,75	0,80	0,94	
7.	0,93	0,93	0,94	1,05	
Durschnitt	0,84	0,86	0,88	0,95	

Nachfolgende Tabelle zeigt die einzelnen Lichtschutzfaktoren sowie die Durschnittswerte für die einzelnen Sonnenschutzmittel von Piz Buin in den Zubereitungsarten Creme, Milch, Öl und Spray (C.M.Ö.S.)

Testpers.	Creme	Milch	Öl	Spray	Piz Buin
1.	1,67	2,50	1,67	1,25	
2.	2,20	3,30	1,32	1,12	
3.	4,50	1,15	1,50	2,00	
4.	1,53	1,70	2,16	2,30	
5.	1,95	2,00	2,00	1,95	
6.	2,00	1,67	1,47	2,00	
7.	2,53	2,53	1,52	1,90	
Durchschnitt	2,35	2,13	1,66	1,79	

Werte der Lichtschutzfaktoren nach Abwaschen der Testfelder mit wässriger Alkohollösung und anschließender Bestrahlung.

Testpers.	Crem	Milch	Öl	Spray	Piz Buin
1.	1,12	0,67	0,80	0,80	
2.	1,00	1,12	1,28	1,12	
3.	0,64	1,00	1,00	1,40	
4.	0,92	0,77	1,53	1,53	
5.	1,33	0,89	1,53	1,33	
6.	0,92	0,92	0,66	1,17	
7.	0,85	0,85	0,95	0,95	
Durchschnitt	0,97	0,89	1,10	1,18	

Hauptversuch
Teil 2

Im zweiten Versuchsteil wurden wieder Test- und Kontrollfelder in oben beschriebener Anordnung angelegt. Abweichend vom ersten Teil wurden die Felder nun nach dem Auftragen der verschiedenen Testpräparate mit Okklusivverbandfolie abgedeckt. Nach 24 Std. wurde diese abgenommen und eine Reihe der symmetrisch angelegten Doppelreihe mit wässriger Alkohollösung gründlich abgewaschen. Unmittelbar daran anschließend erfolgte die Bestrahlung mit der Quarzlampe. Nach weiteren 24 Std. wurden die Erytheme abgelesen und ausgemessen.

Nachfolgende Tabelle zeigt die einzelnen Lichtschutzfaktoren sowie deren Durchschnittswerte für das Sonnenschutzmittel Piz Buin in den Zubereitungsarten Creme, Milch, Öl und Spray nach einer Einwirkzeit von 24 Std. und ohne Reinigung der Testfelder mit Alkohol vor der Bestrahlung

Testperson	Creme	Milch	Öl	Spray
1.	1,27	2,54	0,85	0,70
2.	1,75	1,75	1,07	1,16
3.	1,00	0,70	0,82	1,00
4.	1,71	1,71	1,71	0,77
5.	3,60	1,38	0,60	1,67
6.	1,45	1,93	1,16	1,26
7.	1,20	1,80	1,35	1,35
8.	1,32	0,80	0,95	1,32
Durchschnitt	1,66	1,58	1,07	1,15

Piz Buin

Lichtschutzfaktoren von Piz Buin nach 24 Std. und Abwasch der Hautfelder mit Alkohol von der Bestrahlung.

Testperson	Creme	Milch	Öl	Spray
1.	0,88	1,16	0,93	1,08
2.	0,73	0,80	0,91	0,74
3.	0,74	0,74	0,66	0,63
4.	0,95	1,11	0,85	1,33
5.	0,86	0,57	0,86	0,61
6.	0,96	1,33	1,60	1,20
7.	1,50	1,20	1,50	0,60
8.	0,86	1,00	1,50	1,20
Durchschnitt	0,93	0,99	1,13	0,92

Piz Buin

24 Std.-Werte von Zeozon ohne Alkoholabwasch.

Testperson	Creme	Milch	Öl	Spray
1.	1,28	1,28	1,00	1,28
2.	0,83	0,77	0,77	0,94
3.	1,26	1,50	1,60	1,26
4.	1,14	0,77	0,77	1,33
5.	1,00	0,80	1,53	0,80
6.	1,15	0,85	0,80	1,53
7.	1,00	0,92	1,23	0,80
8.	1,72	0,80	1,11	1,72
9.	1,60	2,15	1,60	1,00
10.	2,00	1,25	1,14	1,00
11.	1,11	1,33	1,43	0,85
12.	2,50	1,11	1,25	1,43
13.	3,30	1,67	1,65	1,10
14.	1,33	0,80	1,33	2,00
Durchschnitt	1,51	1,15	1,24	1,22

Zeozon

Lichtschutzfaktoren von Zeozon nach 24 Std. und Abwasch der Hautfelder mit Alkohol vor der Bestrahlung.

Testperson	Creme	Milch	Öl	Spray	Zeozon
1.	1,25	1,11	1,00	1,11	
2.	1,05	1,00	0,90	0,79	
3.	0,53	1,08	1,60	1,00	
4.	1,08	0,86	1,00	1,23	
5.	0,75	0,80	1,72	0,80	
6.	1,00	0,80	0,93	1,00	
7.	0,80	1,60	1,00	0,57	
8.	1,14	1,22	1,60	1,33	
9.	1,22	0,80	1,22	0,92	
10.	1,00	0,82	0,67	0,90	
11.	0,92	0,85	1,80	1,22	
12.	1,20	1,00	1,37	1,00	
13.	1,10	1,32	1,10	0,82	
14.	0,66	0,60	0,75	0,60	
Durchschnitt	0,98	0,99	1,26	0,95	

Die in dieser Arbeit ermittelten Lichtschutzfaktoren der verschiedenen Präparate entsprechen nicht der Praxis, da als Stahlenquelle eine Hg-Hochdrucklampe verwendet wurde. Im Gegensatz zur Sonnenstrahlung sendet diese zusätzlich zum UV-B Anteil einen ebenfalls erythemwirksamen, kurzwelligen UV-C Anteil aus. Beide Teile zusammen ergeben eine relative Steigerung der Erythemwirksamkeit gegenüber der Sonnenstrahlung und somit eine Erniedrigung der Lichtschutzfaktoren.

V. Ergebnisse

In den Vorversuchen wurde das Verhalten von Lichtschutzmitteln auf der Haut mit und ohne Okklusivverband geprüft. Es zeigte sich:

1. Die Lichtschutzwirkung der Präparate bleibt nach dem Auftragen nicht Konstant, sondern nimmt zunächst zu, erreicht die maximale Wirkung nach 2 - 3 Stunden und fällt dann wieder ab.
2. Nach dem Abnehmen des Okklusivverbandes haftet an der Folie ein Teil des Testmaterials, dadurch wird die Lichtschutzwirkung abgeschwächt.
3. Der Anstieg der Kurve der Lichtschutzfaktoren unter Okklusivverband verläuft flacher als die Kurve ohne Okklusion. Die Ursache ist in der Entwicklung einer feuchten Kammer unter der Plastikfolie zu sehen, was ein Aufquellen der Hornschicht nach sich zieht und somit zu vermehrter Durchlässigkeit für UV-Strahlen führt.

Der Hauptversuch ergab:

1. Unter den Zubereitungsarten Creme, Milch, Öl und Spray zeigten die Öle, sowohl von Piz Buin, als auch von Zeozon, die geringste Lichtschutzwirkung nach sofortiger Bestrahlung.
2. Unter Okklusivverband, nach einer Einwirkzeit von 24 Std., waren die Lichtschutzfaktoren aller Präparate geringer. Nach Alkoholabwasch der Testfelder und anschließender Bestrahlung zeigten nur noch die mit den Ölen behandelten Felder einen Lichtschutzfaktor von über 1,0. Die der übrigen Präparate (Creme, Milch, Spray) lagen unter 1,0.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann angenommen werden, daß eine Penetration der Öle in der Haut stattfindet.

VI. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die Lichtschutzmittel von Piz Buin und Zeozon, jeweils in den Zubereitungsarten Creme, Milch, Öl und Spray, auf ihr Penetrationsvermögen in die Haut untersucht.

Dazu wurden diese Präparate auf den Rücken gesunder Testpersonen aufgetragen und mit einem Okklusivverband abgedeckt. Nach 24 Std. wurde eine Hälfte der doppelt angelegten Testfelder mit wässriger Alkohollösung abgewaschen und dann alle Testfelder mit einer künstlichen Höhensonne bestrahlt. Aus dem Vergleich der Erytheme und der daraus berechneten Lichtschutzfaktoren konnte nur eine Penetration der Öle (Piz Buin Öl und Zeozon Öl) angenommen werden.

D. Literaturverzeichnis

1. BACHEM, A.: Die Lichtdurchdringung der menschlichen Haut. Strahlenther. 39, 30-56 (1931)

2. BACHEM, A.: Time factors of erythema and pigmentation, produced by ultraviolet rays of different wavelengths. J. invest. Derm. 25, 215-218 (1955)

3. BODE, H.G.: Zur Analyse der menschlichen Hautfarbe. Strahlenther. 43, 565-576 (1932)

4. BODE, H.G.: Über spektralphotometrische Untersuchungen an menschlicher Haut unter besonderer Berücksichtigung der Erythem- und Pigmentierungsmessung. Strahlenther. 51, 81-118 (1934)

5. BODE, H.G. und E. WITTE: Über den Zusammenhang zwischen absorbierter Strahlenenergie und biologischem Effekt bei Bestrahlung mit Licht verschiedener Wellenlänge. Strahlenther. 76, 627-647 (1947)

6. BRETT, R.: Zur inneren und äußeren Behandlung der lichtempfindlichen Haut. Therapiewoche 2, 187-188 (1952)

7. BRETT, R. und H. THEISMANN: Über Erythem-Messungen der Haut. Proc. 1th Internat. Photobiol. Congr., Amsterdam 1954, S. 263

8. CLAESSON, ST., L. JUHLIN und G. WETTERMARK: The action of ultraviolet light on skin with and without horny layer. Acta derm. venereol. (Stockholm) 39, 3-11 (1959)

9. CREW, W.H. und C.H. WHITTLE: On the absorption of ultraviolet radiation by human sweat. J. Physiol. (Lond.) 93, 335 (1938)

10. DIETRICH, H.: Das Lichterythem unter dem Einfluß von Menstruationszyklus und Schwangerschaft.
Strahlenther. 27, 587-596 (1927)

11. ELLINGER, F.: Die Lichtempfindlichkeit der menschlichen Haut und ihre Bestimmung für die lichtbiologische Konstitutionsforschung.
Strahlenther. 44, 1-82 (1932)

12. GUILLAUME, A.C.: Le pigment épidermique, la pénétration des rayons UV et le mécanisme de protection de l'organisme vis à vis de ces radiations.
Bull. Soc. méd. Hôp. Paris 42, 1133 (1926)

13. HAUSSER, K.W.: Einfluß der Wellenlänge in der Strahlenbiologie.
Strahlentherapie 28, 25-44 (1928)

14. HAUSSER, K.W. und W. VAHLE: Die Abhängigkeit des Lichterythems und der Pigmentbildung von der Schwingungszahl (Wellenlänge) der erregenden Strahlung.
Strahlenther. 13, 41-71 (1921)

15. HEITE, H.J. und G. WEBER: Methodischer Beitrag zur Pigmentierungs- und Erythemmessung der Haut.
Arch. klin. exp. Derm. 204, 327-339 (1957)

16. HENSCHKE, U: Untersuchungen zum Problem der UV-Dosimetrie. V. Mitt.: Untersuchungen an Lichtschutzmitteln.
Strahlenther. 67, 439 (1940)

17. KANOF, N.B.: Protection of the skin against the harmful effects of sunlight.
Topical and systematical measures.
Arch. Derm. Syph. (Chicago) 74, 46-49 (1956)

18. KIMMIG, J. und A. WISKEMANN: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten. Ergänzungswerk V/2. Lichtbiologie und -therapie, 1072-1074 (1959)

19. LANGEN, D.: Experimentelle Studien über die Erythembildung der Sonnen- und Himmelsstrahlung. Strahlenther. 63, 142-170 (1938)

20. LIPCROSS, O.: Die Anwendung physikalischer-therapeutischer Behandlungsverfahren im Blickfeld der Gewebsthermometrie. Ergebnisse der physikalisch-diätätischen Therapie. Bd. 4, S. 294, Verlag Steinkopff, Dresden und Leipzig 1951

21. LUBOLDT, W.: Der Ablauf der Hauttemperatur beim Quarzdampflampenerythem. Arch. phys. Ther, 2, 232-251 (1950)

22. LUGER, A.: Lichtschutz durch Salbengrundlagen. Wien. med. Wochenschr. 1951, S. 576

23. MIESCHER, G.: Strahlenschutz und Lichtgewöhnung. Klin. Wschr. 1929/I, 840-841

24. MIESCHER, G.: Zur Histologie der lichtbedingten Reaktionen. Dermatologica 115, 345-357 (1957)

25. MIESCHER, G.: Die Schutzfunktionen der Haut gegenüber Lichtstrahlen. Strahlenther. 39, 601 (1931)

26. MIESCHER, G.: Die Haut als Organ der Abwehr. Hautarzt 8, 88 (1957)

27. PAPCKE, G.: Erythembereitschaft und Mineralhaushalt. Arch. Derm. Syph. 168, 476-479 (1933)

28. ROTTIER, P.B.: Untersuchungen über die Wirkung des kurzwelligen Ultraviolettlichts auf die Haut. Dermatologica 114, 318-320 (1957)

29. ROTTIER, P.B.: Untersuchungen mit einem kleinen Spektrographen zur Bestimmung der Hautempfindlichkeit gegenüber 300 und 250 nm. Strahlenther. 119, 591-606 (1962)

30. SAIDMANN, J.: Die Schwankungen der Hautempfindlichkeit und ihre Bedeutung für die praktische Lichttherapie. Strahlenther. 45, 86-96 (1932)

31. SCHALL, L.: Untersuchungen über den Ablauf des Lichterythems. Strahlentherapie 28, 164-167 (1928)

32. SCHNEIDER, W. und H. WAGNER: Kontaktdermatitis in Gottron, H.A. und W. Schönfeld: Dermatologie und Venerologie. Bd. 3/1, Thieme Verlag, Stuttgart, 1959

33. SCHREIBER, H.:Zur Therapie der biologischen Strahlenwirkung. Strahlenther. 76, 1-11 (1947)

34. TRONNIER, H.: Über die UV-Reaktion der menschlichen Haut. 1. Mitt.: Messung und Beurteilung des UV-Erythems. Z. Haut-Geschlkrkh. 21, 13-21 (1956)

35. TRONNIER, H.: Bestimmung der Hautfarbe unter besonderer Berücksichtigung der Erythem- und Pigmentmessung. Strahlenther, 121, 392-404 (1963)

36. TRONNIER, H. : Zum Nachweis der Entstehung von erythemauslösenden Stoffen in der Hornschicht durch UV-Strahlung. Strahlenther. 134, 625-628 (1967)

37. TRONNIER, H.: "Evaluation and measurement of ultraviolet erythema" in The biologic effect of ultraviolet radiation von F. Urbach
Pergamon Press, Oxford und New York, S. 255-266, 1969

38. TRONNIER, H. und H. KÜHL: Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut. II. Mitt.: Beeinflussung des UV-Erythemablaufes durch nicht absorbierende Stoffe.
Z. Haut-Geschlkrkh. 21, 134-143 (1956)

39. TRONNIER ,H. und W. MERTEN: Über die UV-Reaktion der menschlichen Haut. IV. Mitt.: Über die Durchlässigkeit der menschlichen Haut für UV-Strahlen verschiedener Wellenlänge.
Z. Haut-Geschlkrkh. 21, 157-167 (1956)

40. TRONNIER, H. und W. SCHNEIDER: Lichttherapie in: Handbuch der physikalischen Therapie hrsg. von Grober/Stieve
Bd. I, 315-454, Stuttgart,Fischer Verlag (1966)

41. WISKEMANN, A.: Die heutigen Kentnisse über die Mechanismen der UV-Wirkung auf die menschliche Haut.
Strahlenther. 122, 463-471 (1963)

42. WUCHERPFENNIG, V.: Biologische und praktische Verwendbarkeit der Erythemschwelle des UV.
Strahlenther. 40, 201-244 (1931)

43. WUCHERPFENNIG, V.,F.J. EHRING und H.J. HEITE: Die Beziehungen des UV-Erythems zu Konstitution und Umwelt.
Strahlenther. 92, 212-218 (1953)

Herrn Prof. Dr. W. Schneider möchte ich Dank sagen für die Gelegenheit, diese Arbeit an seiner Klinik durchzuführen.

Herrn Prof. Dr. H. Tronnier danke ich für die Überlassung des Themas, für seine wertvollen Anregungen und die hilfreiche Unterstützung.

L e b e n s l a u f

Am 29. September 1943 wurde ich, Wolfram Schick, als Sohn des Arztes Dr. med. Erwin Schick und der Ehefrau Edeltraut in Bad Boll Kreis Göppingen geboren.

Von 1949 bis 1953 besuchte ich die Volksschule in Boll, nach unserem Umzug nach Stuttgart 1953 besuchte ich das Wagenburg-Gymnasium, an dem ich 1964 das Abitur ablegte.

Im Sommersemester 1964 studierte ich an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen zunächst Biochemie, im Wintersemester 1964/65 nahm ich dann das Studium der Medizin auf. 1965 bestand ich dann das naturwissenschaftliche und 1967 das ärztliche Vorexamen.

Am 19. April 1971 legte ich ebenfalls an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen die ärztliche Prüfung ab.

Nach Ableistung meiner Medizinalassistentenzeit in der Hautklinik in Tübingen und im Paracelsus Krankenhaus in Ruit Kreis Esslingen, erhielt ich vom Innenministerium in Stuttgart am 14. Dezember 1972 meine Approbation als Arzt.

Seit 3. September 1973 leiste ich bei der Bundeswehr meinen Wehrdienst ab.